



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>5</sup> : <b>G02F 1/332, G09G 3/36</b>	<b>A2</b>	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 92/00546</b> (43) Date de publication internationale: 9 janvier 1992 (09.01.92)
---	-----------	---

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR91/00496

(22) Date de dépôt international: 21 juin 1991 (21.06.91)

(30) Données relatives à la priorité:

90/07847	22 juin 1990 (22.06.90)	FR
90/11548	19 septembre 1990 (19.09.90)	FR

(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS) [FR/FR]; 15, quai Anatole-France, F-75007 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): DURAND, Georges [FR/FR]; 16, rue de Chateaufort, F-91400 Orsay (FR). BARBERI, Riccardo [IT/FR]; 160 Ave Div. Gen.-Leclerc, Parc du Château-de-Courcelle, Bat. 15 App. 283, F-91190 Gif-sur-Yvette (FR). GIOCONDO, Michelle [IT/IT]; Università della Calabria, Dipartimento Fisica, Gruppo di fisica molecolare, I-87036 Arcavacata di Rende (IT). MARTINOT LAGARDE, Philippe, René [FR/FR]; 29 ter, avenue Massena-Deroche, F-91460 Marcoussis (FR).

(74) Mandataires: MARTIN, Jean-Jacques etc.; Cabinet Regimbeau, 26, avenue Kléber, F-75116 Paris (FR).

(81) Etats désignés: AT (brevet européen), BE (brevet européen), CH (brevet européen), DE (brevet européen), DK (brevet européen), ES (brevet européen), FR (brevet européen), GB (brevet européen), GR (brevet européen), IT (brevet européen), JP, LU (brevet européen), NL (brevet européen), SE (brevet européen), US.

Publiée

*Sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport.*

(54) Title: NEMATIC LIQUID CRYSTAL DISPLAY, HAVING SURFACE BISTABILITY AND CONTROLLED BY A FLEXOELECTRICAL EFFECT

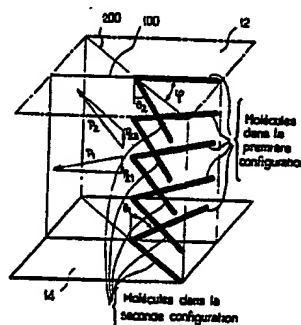
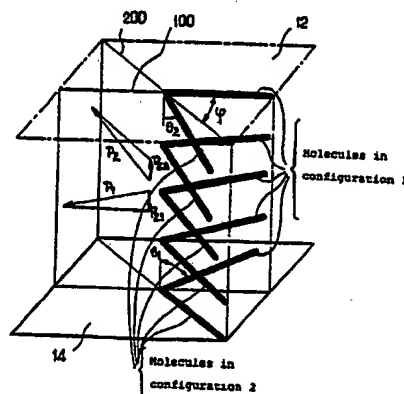
(54) Titre: AFFICHEUR A CRISTAL LIQUIDE NEMATIQUE, A BISTABILITE DE SURFACE, COMMANDE PAR EFFET FLEXOELECTRIQUE

## (57) Abstract

A bistable liquid crystal optical device includes two transparent plates (12, 14) provided with control electrodes (18, 19), between which is placed a nematic liquid crystal material (20). The transparent plates (12, 14) are surface-treated so as to define two stable configurations of molecules of the liquid crystal material generating respectively two flexoelectrical polarizations having components which are normal to electrodes  $P_2$  and  $P_1$  having opposite directions. Devices (30) are provided for applying perpendicular electrical field pulses to the plates (12, 14), said pulses being directed selectively one way or the other.

## (57) Abrégé

La présente invention concerne un dispositif optique à cristaux liquides à effet bistable du type comprenant deux plaques transparentes (12, 14) pourvues d'électrodes de commande (18, 19) et entre lesquelles est placé un matériau cristallin liquide nématique (20), caractérisé par le fait que: les plaques transparentes (12, 14) présentent un traitement de surface apte à définir deux configurations stables de molécules de matériau cristallin liquide générant respectivement deux polarisations flexoelectriques ayant des composantes normales aux électrodes  $P_2$  et  $P_1$  de sens opposés, et il est prévu des moyens (30) aptes à appliquer au dispositif des impulsions de champ électrique perpendiculaire aux plaques (12, 14), orientées sélectivement dans un sens ou dans l'autre.



**UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	ES	Espagne	MG	Madagascar
AU	Australie	FI	Finlande	ML	Mali
BB	Barbade	FR	France	MN	Mongolie
BE	Belgique	GA	Gabon	MR	Mauritanie
BF	Burkina Faso	GB	Royaume-Uni	MW	Malawi
BG	Bulgarie	GN	Guinée	NL	Pays-Bas
BJ	Bénin	GR	Grèce	NO	Norvège
BR	Brésil	HU	Hongrie	PL	Pologne
CA	Canada	IT	Italie	RO	Roumanie
CF	République Centrafricaine	JP	Japon	SD	Soudan
CG	Congo	KP	République populaire démocratique de Corée	SE	Suède
CH	Suisse	KR	République de Corée	SN	Sénégal
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SU	Union soviétique
CM	Cameroun	LK	Sri Lanka	TD	Tchad
CS	Tchécoslovaquie	LU	Luxembourg	TG	Togo
DE	Allemagne	MC	Monaco	US	Etats-Unis d'Amérique
DK	Danemark				

# AFFICHEUR A CRISTAL LIQUIDE NEMATIQUE, A BISTABILITE DE SURFACE, COMMANDE PAR EFFET FLEXOELECTRIQUE

La présente invention concerne le domaine des dispositifs optiques à cristaux liquides.

5 La présente invention a été faite au Laboratoire de Physique des Solides de l'Université de Paris Sud, laboratoire associé au CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE numéro 04 0002.

De nombreux travaux de recherche ont été conduits depuis au moins une quinzaine d'années sur les cristaux liquides.

10 Différents résultats des travaux de recherche effectués au Laboratoire de Physique des Solides de l'Université Paris Sud sont décrits dans la demande de brevet français déposée le 28 Avril 1982 sous le n° 82 07309 et publiée sous le n° 2 526 177, la demande de brevet français déposée le 23 Octobre 1984 sous le n° 84 16192 et publiée sous le  
15 n° 2 572 210, la demande de brevet français déposée le 18 Juin 1985 sous le n° 85 09224 et publiée sous le n° 2 587 506, la demande de brevet français déposée le 14 Mai 1986 sous le n° 86 06916 et publiée sous le n° 2 598 827 ou encore la demande de brevet français déposée le 17 Décembre 1987 sous le n° 87 17660 et publiée sous le n° 2 624 985.

20 Par ailleurs, les travaux relatifs aux cristaux liquides ont donné lieu à de nombreuses publications.

La présente invention concerne plus précisément les dispositifs optiques à cristaux liquides dits bistables, c'est-à-dire les dispositifs dans  
25 lesquels les molécules des cristaux liquides sont susceptibles d'occuper alternativement deux états stables, sous l'effet d'une commande externe. De tels dispositifs optiques bistables se prêtent en particulier à la réalisation d'afficheurs multiplexés.

Différents dispositifs optiques bistables à cristaux liquides ont déjà été proposés.

30 Le document Applied Physic Letters 40 (12) 1007 (1982) J. Cheng et al décrit par exemple un dispositif à cristaux liquides nématiques présentant deux états stables en volume commutés par un champ électrique externe de commande. Le processus décrit dans ce document n'a pas donné lieu à application pratique. Il présente un temps de commutation très lent, et révèle généralement de nombreux défauts de texture.

Le document Applied Physic Letters 36, 899 (1980), N.A. Clark et al décrit un autre dispositif optique bistable utilisant des cristaux liquides dits Smectiques C\* ferroélectriques, et des ancrages de surface dégénérés. Le processus décrit dans ce document présente l'avantage d'un  
5 temps de commutation très court et a donné lieu à des applications pratiques. Il ne donne cependant pas totalement satisfaction.

En particulier, dans la pratique, on constate fréquemment qu'au lieu d'un affichage bistable entre deux états symétriques, on obtient des affichages monostables sur des textures tordues dont le contraste est  
10 mauvais et qui ne peuvent être multiplexés. Ce phénomène semble dû au fait que l'interface électrode/cristal liquide est polaire.

Le document Applied Physic Letters 11 Décembre 1989, R. Barberi, M. Boix et G. Durand décrit un autre dispositif optique bistable dans lequel la bistabilité est induite par un traitement rugueux contrôlé sur  
15 l'une au moins des électrodes transparentes et la commutation est opérée par application d'un champ électrique externe parallèle aux électrodes. Selon ce document, le traitement rugueux peut être obtenu par exemple par évaporation oblique de SiO. Ce document Applied Physic Letter est à rapprocher de la demande de brevet français n° 87 17660 précitée. Le  
20 processus décrit dans le document Applied Physics Letters 11 Décembre 1989 semble prometteur. Les spécialistes ont cependant toujours considéré jusqu'ici, que ce processus présente l'inconvénient majeur de n'être sensible qu'à un champ électrique parallèle aux plaques transparentes du dispositif et d'être totalement insensible à un champ électrique perpendiculaire aux  
25 plaques.

Un autre type d'afficheur bistable nématique utilisant la bistabilité d'états d'orientation de surface, dans lequel la commutation contrôlée par des impulsions électriques de polarité définie est basée sur l'emploi d'ions chiraux, est décrit dans la demande de brevet français  
30 déposée le 30 Janvier 1990 sous le n° 90 01066.

La présente invention a maintenant pour but de proposer un nouveau dispositif optique bistable à cristaux liquides présentant de meilleures performances que la technique antérieure.

Un but important de la présente invention est de proposer un  
5 dispositif optique bistable à cristaux liquides à commutation rapide, notamment pour la réalisation de matrices optiques multiplexées à haute résolution.

Un autre but important de la présente invention est de proposer un dispositif optique bistable à cristaux liquides conçu pour être  
10 commandé aisément par un champ électrique externe.

Ces buts sont atteints selon la présente invention grâce à un dispositif optique à cristaux liquides à effet bistable du type comprenant deux plaques transparentes pourvues d'électrodes de commande et entre lesquelles est placé un matériau cristal liquide nématique, caractérisé par  
15 le fait que :

- les plaques transparentes présentent un traitement de surface apte à définir deux configurations stables de molécules du matériau cristal liquide, générant respectivement deux polarisations flexoélectriques ayant des composantes normales aux électrodes de sens opposés, et
- 20 - il est prévu des moyens d'alimentation électrique aptes à appliquer, au dispositif, des impulsions de champ électrique perpendiculaire aux plaques, orientées sélectivement dans un sens ou dans l'autre.

L'application alternée d'impulsions de champ électrique normal aux plaques, orienté dans un sens puis dans l'autre, permet de  
25 commuter la structure du cristal liquide entre les deux configurations stables.

L'effet du champ électrique de commande sera précisé dans la suite de la description.

Selon une autre caractéristique avantageuse de la présente  
30 invention, le dispositif comprend des moyens d'alimentation électrique conçus pour appliquer successivement au dispositif :

- au moins une impulsion de commande apte à induire une orientation généralement homéotrope homogène du cristal liquide, puis
- une impulsion de contrôle, d'amplitude plus faible que l'impulsion de commande, et de polarité choisie selon l'état final requis.

5 Comme cela sera expliqué par la suite, l'impulsion de commande peut faire l'objet de plusieurs variantes. Elle est par ailleurs de polarité quelconque.

L'utilisation d'impulsions de commande et d'impulsions de contrôle permet notamment une commande simple par multiplexage d'un  
10 afficheur nématique bistable.

Pour cela, selon une caractéristique avantageuse de la présente invention, le dispositif optique, dans lequel les électrodes de commande sont agencées en N lignes et M colonnes définissant une matrice de NM pixels à leurs intersections, est caractérisé par le fait que les  
15 impulsions de commande sont appliquées successivement sur les N électrodes de ligne, tandis qu'à la fin de chaque impulsion de commande, des impulsions de contrôle de polarité respectivement choisie sont appliquées simultanément sur l'ensemble des M électrodes de colonne.

Les impulsions nécessaires au multiplexage du dispositif à  
20 cristal liquide sont ainsi beaucoup plus simples que celles utilisées par le passé, notamment pour le multiplexage des smectiques ferroélectriques C\*.

Des exemples de signaux de commande jusqu'ici proposés pour les smectiques ferroélectriques C\* sont décrits dans les documents suivants : 1) J.M. Geary, Proceedings of SID'85, pp. 128-130 (1985), 2) S.T.  
25 Lagerwall, J. Wahl and N.A. Clarck, Proceedings of International Display Research Conference, Ferroelectric Liquid Crystals for Displays, pp. 213-220 (1985), 3) S. Shimoda, K. Ito, T. Harada, M. Taguchi, K. Iwara, M. Kai, Proceedings of Japan Display '86, pp. 460-462 (1986).

Selon la présente invention, l'impulsion de commande peut  
30 être une impulsion carré unique, comprendre deux impulsions carré successives de polarité opposées ou encore comprendre une série d'impulsions haute fréquence.

Selon une autre caractéristique avantageuse de la présente invention, l'amplitude des impulsions de commande est comprise entre 1 et 100 Volts, typiquement entre 10 et 20 Volts, tandis que la durée des impulsions de commande est supérieure à 1  $\mu$ s, typiquement comprise entre  
5 20 et 50  $\mu$ s.

Selon une autre caractéristique avantageuse de la présente invention, l'amplitude des impulsions de contrôle est comprise entre 0,1 et 10 Volts, typiquement entre 0,1 et 5 Volts, tandis que la durée des impulsions de contrôle est supérieure à 10  $\mu$ s, typiquement comprise entre  
10 25 et 50  $\mu$ s.

Le début des impulsions de contrôle peut coïncider avec la fin des impulsions de commande.

En variante, le début des impulsions de contrôle peut précéder la fin des impulsions de commande.

15 Il est important que les impulsions de contrôle persistent après la fin des impulsions de commande pendant au moins 10 à 50  $\mu$ s.

D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre et en regard des dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs et  
20 sur lesquels :

- la figure 1 représente une vue schématique générale d'un dispositif optique conforme à la présente invention,
- la figure 2 illustre schématiquement les deux configurations stables des molécules,
- 25 - la figure 3 représente les états d'orientation de surfaces multistables créés par une évaporation oblique de directions e, par exemple de SiO<sub>2</sub>, sur la figure 3, P désigne une orientation stable planaire, O O' deux orientations métastables obliques, un angle zénithal et un angle azimutal,
- 30 - la figure 4 représente une vue en perspective de deux électrodes présentant des directions d'évaporation coplanaires,

- la figure 5A représente une vue zénithale des orientations d'une électrode vue par le cristal liquide,
- la figure 5B représente l'orientation relative de deux électrodes tournées d'un angle azimutal relatif de l'ordre de  $45^\circ$ ,
- 5 - les figures 6A et 6B représentent deux configurations stables différentes de matériau cristal liquide présentant des polarisations flexoélectriques de composantes normales aux électrodes de sens opposé,
- la figure 7 représente un enregistrement typique de lumière transmise par une cellule conforme à la présente invention suite à l'application d'une
- 10 impulsion de commande opérant une commutation de configurations stables,
- la figure 8 représente la tension seuil d'impulsion de commande en fonction de la durée d'impulsion pour un afficheur de  $1\mu\text{m}$  d'épaisseur,
- la figure 9 représente le champ seuil de commande en fonction de la durée d'impulsion pour des cellules d'épaisseur variable,
- 15 - la figure 10 représente schématiquement un premier exemple de signaux de commande et de signaux de contrôle conformes à la présente invention,
- la figure 11 représente schématiquement un deuxième exemple de signaux de commande et de signaux de contrôle conformes à la présente invention,
- la figure 12 représente sous forme de tableau, les différents états obtenus
- 20 en fonction des signaux de commande et de contrôle appliqués, et
- la figure 13 représente schématiquement un afficheur matriciel commandé par multiplexage conformément à la présente invention.

#### STRUCTURE GENERALE DU DISPOSITIF

La structure de base connue du dispositif optique utilisé

25 comprend comme représenté schématiquement sur la figure 1 annexée une cellule 10 formée de deux plaques transparentes parallèles 12, 14 par exemple en verre, séparées par une cale d'épaisseur constante d (non représentée sur la figure 1) et entre lesquelles est placé un matériau cristal liquide nématique 20.

30 Les plaques 12, 14 sont pourvues sur leurs surfaces internes en regard, adjacentes au cristal liquide, d'électrodes électriquement conductrices et optiquement transparentes. Une telle électrode est représentée schématiquement sous forme d'une bande 18, pour la plaque 14, sur la figure 1. L'électrode homologue prévue sur la plaque 12 est référencée 19.



Des moyens d'alimentation électrique 30 sont reliés entre les électrodes prévues sur les deux plaques 12, 14 pour appliquer un champ électrique contrôlé sur le matériau cristal liquide 20. Ces moyens d'alimentation électrique 30 sont avantageusement conçus pour délivrer des impulsions électriques d'une durée comprise entre 1 et 1000µs et d'amplitude comprise entre 1 et 100 Volt, alternativement de polarités opposées.

#### CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES DE L'INVENTION

- Plus précisément, le dispositif optique conforme à la présente invention présente deux caractéristiques essentielles :
- les deux plaques transparentes 12, 14 présentent un traitement de surface apte à définir deux configurations stables de molécules du matériau cristal liquide, générant respectivement deux polarisations flexoélectriques ayant des composantes normales aux électrodes de sens opposés, et
  - les moyens d'alimentation électrique 30 sont couplés aux électrodes 18, 19 de manière à appliquer au dispositif des impulsions de champ électrique perpendiculaire aux plaques, orienté alternativement dans un sens puis dans l'autre.

- Les deux configurations stables des molécules du matériau cristal liquide correspondent à deux orientations des molécules dans des plans orthogonaux aux plaques 12, 14 et présentant entre eux une inclinaison azimutable de l'ordre de 45°, de sorte que observée entre analyseurs et polariseurs croisés, la cellule ainsi formée apparaissent alternativement à l'état clair ou foncé selon la configuration occupée par les molécules du matériau de cristal liquide.

Différents types de traitement de surface appropriés seront décrits par la suite.

- Selon une autre caractéristique avantageuse de la présente invention, le cristal liquide nématique utilisé présente une anisotropie diélectrique positive.

On a représenté schématiquement sur la figure 2 annexée deux configurations stables des molécules du matériau cristal liquide générant des polarisations flexoélectriques opposées.

On retrouve sur la figure 2 annexée les deux plaques transparentes 12, 14 entre lesquelles est placé le matériau cristal liquide nématique 20.

Lorsque les molécules du matériau cristal liquide 20, sont placées dans une première configuration stable, elles sont orientées selon des plans parallèles au plan référencé 100 sur la figure 2. Le plan 100 est orthogonal aux plaques 12, 14. Dans cette première configuration les

5 molécules du cristal liquide passent progressivement d'une orientation planaire sur la plaque supérieure 12, c'est-à-dire parallèle à cette plaque 12, à une orientation oblique, d'angle zénithal  $\theta_1$  sur la plaque inférieure 14.

Lorsque les molécules du matériau cristal liquide 20 sont

10 placées dans la seconde configuration stable, elles sont orientées selon des plans parallèles au plan référencé 200 sur la figure 2. Le plan 200 est orthogonal aux plaques 12, 14. Il présente une inclinaison azimutale  $\phi$  de l'ordre de  $45^\circ$  par rapport au plan 100 précité.

Dans la seconde configuration, les molécules du cristal liquide

15 20 passent progressivement d'une orientation planaire sur la plaque inférieure 14, c'est-à-dire parallèle à cette plaque 14, à une orientation oblique, d'angle zénithal  $\theta_2$  sur la plaque supérieure 12.

Ces deux configurations stables génèrent des polarisations flexoélectriques P1, P2 dont les composantes Pz1, Pz2 normales aux

20 électrodes sont opposées, dirigées respectivement vers la plaque inférieure 14 dans la première configuration et vers la plaque supérieure 12 dans la seconde configuration.

#### FONCTIONNEMENT

Lorsqu'une tension est appliquée entre les électrodes 18, 19

25 prévues sur les plaques 12, 14, les molécules du cristal liquide s'orientent perpendiculairement auxdites plaques en raison de leur anisotropie diélectrique positive.

Si l'excitation électrique de la cellule correspond à une impulsion négative sur l'électrode supérieure, à la fin de l'impulsion, il

30 reste près de l'électrode supérieure 19 des ions positifs et près de l'électrode inférieure 18 des ions négatifs qui appliquent un champ électrique dépolarisant et transitoire dirigé de l'électrode supérieure 19 vers l'électrode inférieure 18. Le champ favorise la création de la première configuration qui a une composante de polarisation flexoélectrique Pz1 dirigée aussi de l'électrode supérieure 19 vers l'électrode inférieure 18.

Après le temps de relaxation des charges, le champ dépolarisant disparaît et la première configuration est stable.

Lorsque la cellule ainsi formée est observée entre analyseurs et polariseurs croisés, la direction de l'analyseur ou du polariseur étant  
5 parallèle au plan 100, la cellule apparaît noire dans la première configuration.

Si ensuite une impulsion positive est appliquée à la cellule les molécules s'alignent perpendiculairement aux plaques 12, 14 pendant l'impulsion. A la fin de cette impulsion, il reste près de l'électrode  
10 supérieure 19 des ions négatifs et près de l'électrode inférieure 18 des ions positifs qui appliquent un champ électrique dépolarisant et transitoire dirigé de l'électrode inférieure 18 vers l'électrode supérieure 19.

Ce champ favorise la création de la seconde configuration qui a une composante de polarisation flexoélectrique Pz2 dirigée vers  
15 l'électrode supérieure 19.

Après le temps de relaxation des charges, le champ dépolarisant disparaît et la seconde configuration est stable.

La cellule apparaît alors claire.

Pour repasser dans la première configuration, il suffit  
20 d'appliquer une impulsion négative à la cellule.

#### TRAITEMENT DE SURFACE

Comme indiqué précédemment, différents types de traitement de surface peuvent être utilisés dans le cadre de la présente invention pour contrôler les diverses configurations requises.

25 Ce traitement de surface peut être formé par exemple du dépôt d'un polymère sur les surfaces internes en regard des plaques 12, 14 suivi de deux frottements du polymère inclinés entre eux, et selon des modalités connues de l'homme de l'art pour imposer l'obliquité souhaitée des molécules sur les plaques.

30 Selon une autre variante, le traitement de surface peut être formé par contrôle de la rugosité de la surface des plaques 12, 14 (contrôle de l'épaisseur de la rugosité et de son incidence moyenne ou longueur d'onde moyenne) comme enseigné dans la demande de brevet français n° 87 17660 publiée sous le n° 2 624 985.

### MODE DE REALISATION PARTICULIER

On va maintenant décrire la structure et le fonctionnement d'un mode de réalisation particulier du dispositif conforme à la présente invention.

#### 5 I - DESCRIPTION DE L'AFFICHEUR

##### a) Matériau

On utilise un cristal liquide nématique, par exemple 5CB, d'anisotropie diélectrique  $\epsilon_a = \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp} > 0$  ( $\epsilon_a$  est typiquement de l'ordre de 10). Ce cristal liquide peut être dopé par des ions non chiraux de concentration convenable et par un cholestérique, comme cela sera précisé par la suite. Ce nématique est placé dans une cellule dont les deux électrodes ITO sont traitées pour donner des états de surfaces bistables.

##### b) Textures utilisées

On crée des états d'orientation multistables de surface, par une évaporation de SiO à l'angle de  $74^\circ$ , de faible épaisseur moyenne  $\sigma$  ( $\sigma \approx 30 \text{ \AA}$ ). Des expériences préliminaires ont montré que dans ces conditions, l'état d'orientation moléculaire stable est un état planaire P (molécules parallèles à l'électrode, et perpendiculaires à la direction d'évaporation comme représenté sur la figure 3), mais il existe aussi deux états métastables obliques (O, O') d'angle zénithal  $\theta \approx 75^\circ$  et d'azimut  $\phi = \pm 45^\circ$  par rapport à la direction d'évaporation (voir figure 3).

Sur la figure 3 annexée la direction d'évaporation est référencée e.

Par rapport à la publication "M. Monkade, M. Boix, G. Durand, Order electricity and oblique nematic orientation on rough solid surfaces, Europhys. Lett., 5, 697 (1988)", on se trouve juste en-dessous de la zone de transition planaire - oblique dégénérée.

La figure 4 représente en perspective les trois états de surfaces ainsi réalisés, un stable planaire P et deux obliques métastables O et O' sur chacune des deux plaques, dans le cas de direction d'évaporation coplanaires. Les deux électrodes 19 (en haut) et 18 (en bas) représentées sur la figure 4 sont identiques.

La figure 5A représente une vue zénithale des orientations d'une électrode vue par le cristal liquide.

Comme représenté sur la figure 5B, les deux électrodes font l'objet d'une rotation relative de  $45^\circ$  autour d'un axe z qui leur est normal.

5 On utilise pour la commutation optique les deux textures d'azimut constant définies par les états  $P_{19}O_{18}$  et  $O_{19}P_{18}$ .

La disposition précitée des électrodes 18, 19 est définie en partant de la situation symétrique où les directions d'évaporation sont coplanaires et les électrodes se font face comme représenté sur la figure 4.

10 On tourne ensuite une électrode (par exemple l'électrode 19) de  $\phi_0 = 45^\circ$  de façon que les azimuts des directions  $O_{19}$  et  $P_{18}$  coïncident, ainsi que celles de  $P_{19}O_{18}$ . La direction  $O_{19}P_{18}$  est donc aussi tournée de  $45^\circ$  par rapport à  $O_{18}P_{19}$ . En plus de ces deux textures d'azimut constant, il existe bien sûr d'autres textures d'azimut variable, donc tordues, par exemple  $O_{19}P_{18}$ ,  
15  $P_{19}P_{18}$ , etc ... La disposition choisie est celle pour laquelle ces autres textures ont l'énergie de distortion la plus grande, impliquant à la fois changement d'azimut  $\phi$  et d'angle zenithal  $\theta$ . Ces grandes énergies de distortion rendent ces textures instables. Il existe tout de même une texture de torsion simple  $\phi_0$  entre les états  $P_{19}$  et  $P_{18}$ . Pour monter  
20 l'énergie de cet état, on peut doper le nématique avec un cholestérique de façon que sur l'épaisseur d de la cellule, le nématique dopé cholestérique tourne spontanément en sens opposé d'un angle  $-\phi_0/2 \approx 20^\circ$ . Ceci augmente beaucoup l'énergie de torsion de la texture  $P_{19}P_{18}$ , sans pour autant trop diminuer l'énergie des textures non voulues de type  $O_{19}O_{18}$ , etc ... La  
25 torsion  $-\phi_0/2 = 20^\circ$  est obtenue en fixant la concentration d'un dopant cholestérique. On a utilisé la molécule cholestérique C15 de Merck. Pour ce corps, à température ambiante, le produit : pas cholestérique x concentration dans le 5CB vaut  $2\mu\text{m}$ . Pour obtenir  $20^\circ$  sur l'épaisseur d, il faut un pas cholestérique  $\approx 18d$ , ce qui fixe la concentration.

30 En conclusion, on a réalisé ainsi deux textures en volume d'azimut constant, tournées l'une par rapport à l'autre de  $45^\circ$ , en éliminant toutes les autres, d'énergie de courbure trop forte. Ces deux états ont des polarisations flexoélectriques  $P = e[n(\text{div}n) + \text{rotn} \times n]$  (e constante flexo  $\approx 10^{-4}$  cgs) spontanées dont les composantes normales aux électrodes sont de

sens opposés. Les polarisations flexoélectriques sont donc opposées par rapport à la direction du champ électrique appliqué comme représenté sur les figures 6A et 6B. Cette propriété polaire va servir à la commutation électrique entre les deux états.

5 c) Montage optique

Les deux textures  $O_{19}P_{18}$  et  $P_{19}O_{18}$  sont placées entre analyseurs et polariseurs croisés. La texture  $O_{18}P_{19}$  est parallèle une des directions de l'analyseur ou du polariseur, et correspond à un état éteint (noir), en transmission. L'autre texture  $P_{18}O_{19}$  est orientée à  $45^\circ$ . Elle rétablit la lumière si la birefringence résultante correspond à un retard optique d'un multiple de  $\lambda/2$  ( $\lambda \approx 0,5\mu m$  est la longueur d'onde optique).

Avec un angle zenithal  $\theta$  surface compris entre  $90^\circ$  (pour P) et  $75^\circ$  (pour O), la birefringence moyenne, correspondant à l'angle moyen  $\theta_m \approx (90+75)/2 \approx 82^\circ$ , vaut :

15  $\Delta n = \Delta n_0 \sin^2 \theta_m \approx 0,19$  avec  $\Delta n_0 \approx 0,2$ . L'épaisseur  $d_0$  optimale définie par :  
 $d \Delta n = \lambda/2$ , donne :

$$d_0 = (0,25/0,19) = 1,3 \mu m.$$

En pratique, dans l'expérience conduite par les inventeurs, d est fixé à  $1\mu m$  par des cales de parylène C de la Société Comelec. Les deux électrodes ITO sont serrées dans un porte échantillon, pour bien appuyer sur les cales.

## II - DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT

### a) Observation optique

25 On observe le pixel ainsi réalisé sous un microscope polarisant Leitz, dont les polariseurs sont disposés comme indiqué ci-dessus en Ic. La lumière transmise est observée aussi par un photomultiplicateur et enregistrée sur un oscilloscope à mémoire.

30 Les deux électrodes sont connectées à un générateur d'impulsion rectangulaire, de durée  $\tau$  ( $1\mu s < \tau < 1ms$ ) et d'amplitude constante V ( $-200 < V < +200$  volt). La masse est connectée à l'électrode 18. En l'absence

d'excitation électrique, on observe au hasard un (ou les deux) état  $O_{19}P_{18}$  ou  $P_{19}O_{18}$ . Une impulsion positive est appliquée, de durée  $\tau = 100\mu s$ . Au-dessus d'un seuil de  $V = +14\text{volt}$  on fait apparaître après l'impulsion un état unique  $O_{19}P_{18}$  clair. Une autre impulsion positive ne change pas l'état. On applique alors une impulsion négative  $V = -14\text{volt}$ , qui fait basculer l'état  $O_{19}P_{18}$  vers l'état  $P_{19}O_{18}$  noir. Une autre impulsion négative ne change pas ce nouvel état. En l'absence d'impulsion les deux textures quasi uniformes claire ou noire du pixel sont stables pendant plusieurs heures.

#### b) Dynamique de la commutation

La figure 7 montre un enregistrement typique de la lumière transmise par la cellule. A l'origine  $t_0$  de l'enregistrement, la cellule est dans l'état  $O_{19}P_{18}$  qui transmet la lumière. On applique à  $t_1$  une impulsion de  $-18\text{volt}$  de durée  $\tau$ . La lumière commence à baisser au début de l'impulsion et continue ensuite pendant  $t = 1\text{ms}$ , pour donner finalement l'état noir  $O_{18}P_{19}$ .  $t$  est le temps caractéristique bien connu d'orientation de la courbure en volume, en l'absence de champ électrique.  $t$  est défini par :  $t^{-1} = K/d^2\eta$  où  $K$  est la constante de courbure du nématique ( $K \approx 10^{-6}\text{cgs}$ ) et  $\eta$  la viscosité ( $\eta \approx 0,1\text{cgs}$ ).  $t$  varie comme le carré de l'épaisseur  $d$ .

Les inventeurs ont mesuré le seuil de basculement  $V(\tau)$ . On obtient la courbure de la figure 8. Pour  $\tau$  infini ( $\tau \approx 1\text{ms}$ ),  $V$  sature vers  $\pm 7,5\text{volt}$ . Pour  $\tau$  plus court, il faut augmenter  $V$ . On trouve par exemple pour  $\tau = 64\mu s$  (le temps d'accès d'une ligne, pour une image vidéo à 625 lignes)  $V = 15\text{volt}$ . Pour une cadence à 1000 lignes, on a  $\tau = 40\mu s$  et  $V = 16\text{volt}$ . On peut obtenir  $\tau = 1\mu s$  pour  $V = 100\text{volt}$ . Ces seuils sont les mêmes pour les deux commutations entre les deux états clair-noir et noir-clair.

#### c) Modélisation

Les inventeurs ont mesuré le champ de seuil  $V(\tau)/d$  pour différentes épaisseurs  $d$  entre 1 et  $4\mu m$ .

La courbe obtenue est représentée sur la figure 9.

Pour  $\tau$  grand ( $> 100\mu s$ ), le seuil  $V/d$  est constant indiquant qu'on observe un effet de champ électrique. Aux temps courts ( $\tau < 20\mu s$ ), on observe une augmentation du champ de commutation, lui-même proportionnel à l'épaisseur.

Le mécanisme de commutation est le suivant : l'effet de champ à grand  $\tau$  correspond à la cassure de l'orientation de surface. Le champ  $E$  tend à aligner le nématique normal aux électrodes (orientation homéotrope) en raison de l'anisotropie électrique positive du cristal. Par symétrie, cet état est un extrêum de l'énergie de surface. En définissant la barrière d'énergie de surface entre les deux états par la longueur d'extrapolation  $L$  ( $0,1\mu\text{m} < L < 1\mu\text{m}$ ), ce champ critique est obtenu quand le couple diélectrique appliqué à la surface compense juste le couple de rappel de l'orientation de surface.

Ceci donne la relation :

(1)

$$\frac{K}{L} \theta - \left( \frac{\epsilon_1}{4\pi} E^2 \right) \theta \xi$$

15

où  $\xi$  est la longueur de cohérence électrique définie par :

(2)

$$\frac{K}{\xi^2} = \frac{\epsilon_1}{4\pi} E^2, \text{ c.a.d.}$$

20

(3)

$$\xi = \left( \frac{4\pi K}{\epsilon_1} \right)^{1/2} \frac{1}{E}$$

25

On obtient finalement  $\xi = L$ . Avec  $V=7,5\text{volt}$ , on trouve  $L=(10^{-3}/E)=5 \cdot 10^{-6}\text{cm} \simeq 500\text{\AA}$ , ce qui correspond à un ancrage très fort.

A la fin de l'impulsion, la texture homéotrope va redonner au hasard une des deux textures  $O_{19}P_{18}$  ou  $O_{18}P_{19}$ . La dégénérescence est levée par le couplage flexoélectrique entre les textures et le champ dépolarisant des ions bloqués à la surface.



Prenons par exemple pour l'explication le cas d'une impulsion négative qui fait commuter de  $O_{19}P_{18}$  vers  $O_{18}P_{19}$ . Juste après l'impulsion, si on enlève les charges qui déterminaient la tension appliquée  $V$  des électrodes, il reste près de l'électrode haute 19 des ions positifs et près de l'électrode basse 18 des ions négatifs, qui appliquent un champ électrique dépolarisant et transitoire  $E_d$  de 19 vers 18. Ce champ favorise la création de l'état  $P_{19}O_{18}$  qui a une polarisation flexoélectrique  $P_z$  dirigée aussi de 19 vers 18 avec donc une énergie  $-P_z E_d$  favorable. L'état  $P_{18}O_{19}$  a une énergie  $+P_z E_d$  défavorable.

Après le temps de relaxation des charges, le champ  $E_d$  disparaît et l'état  $P_{19}O_{18}$  est stable, quoique ayant la même énergie que l'état  $P_{18}O_{19}$ , car le système ne peut pas franchir seul la forte barrière d'ancrage de surface.

Aux temps courts, il faut augmenter  $V$  plus vite que l'épaisseur, car une autre contrainte apparaît : les ions doivent avoir le temps d'être transportés pendant l'impulsion  $\tau$  d'une électrode à l'autre.

En appelant  $\mu$  ( $\mu \simeq 10^3 \mu m^2/Vsec$ ) la mobilité des ions, leur vitesse  $v$  est  $v = \mu E$ . Pour parcourir  $d = 1 \mu m$ , avec  $V = 7,5 volt$ , il faut un temps  $\tau' = d/v = d^2/\mu V \simeq 130 \mu s$ . En prenant comme seule limite cette condition de transport, on trouve  $V/d = E_d/\mu \tau'$  qui est bien proportionnel à  $d$  comme trouvé expérimentalement.

Si les deux textures  $O_{19}P_{18}$  entre lesquelles se fait la commutation avaient exactement la même énergie, un champ dépolarisant infiniment faible suffirait à assurer la commutation. En fait, les deux textures ne sont pas exactement symétriques et présentent une différence d'énergie  $\Delta W$ . Le champ dépolarisant  $E_d$  minimum nécessaire est alors celui qui donne une énergie de couplage flexoélectrique  $\int -E_d P d^3 r$  supérieure à  $|\Delta W|$ . En pratique, on ne connaît pas  $\Delta W$ .  $E_d$  est ajusté en dopant le nématique avec des ions. Pour 5CB, nous avons mesuré une résistance  $R$  de l'échantillon de section  $S = 1 cm^2$  et  $d = 1 \mu m$  de  $R = 1$  à  $10 M\Omega$ , suivant la pureté initiale du produit. Pour augmenter les charges de surface et le champ dépolarisant, nous avons dopé le 5CB avec du TPBTBA (tétraphényl borate de tétrabutyle ammonium) pour obtenir une concentration relative molaire finale en ions de  $10^{-3}$  à  $10^{-5}$ . Nous obtenons l'effet bistable dans

une gamme de résistance d'échantillon  $R = 25k\Omega$  à  $1M\Omega$ . En pratique, la conductivité initiale des échantillons les moins résistants suffit à assurer l'effet pour les états de surface que nous avons utilisés.

L'afficheur bistable ainsi formé sur un pixel peut être utilisé dans des écrans matriciels multiplexés. Le temps de surface définit alors le temps d'accès des lignes, et le temps de volume celui des images. Sans contrainte temporelle, la bistabilité permet bien sûr un multiplexage infini. Avec contrainte temporelle, on peut transmettre un nombre maximum  $1/t_v$  de 1000 images/sec. Le nombre de lignes de ces images est défini par la tension utilisée : 16volt pour 1000 lignes à la cadence vidéo par exemple (et 15 volt pour 625 lignes). Ce système est donc bien adapté à l'affichage vidéo à haute résolution.

#### VARIANTE DE MISE EN OEUVRE DES SIGNAUX DE COMMANDE

##### 1. Rappel sur le mode de réalisation décrit précédemment

On a décrit précédemment un procédé de commande de l'afficheur consistant à appliquer sur le dispositif une impulsion électrique carrée d'amplitude  $V$  ( $1\text{ Volt} < V < 100\text{ Volts}$ ) et de durée  $\tau$  ( $1\mu s < \tau$ ). Cette impulsion oriente les molécules en volume normalement aux électrodes (orientation homéotrope) et casse aussi l'orientation de surface sur les électrodes.

A la fin de l'impulsion, le système peut retourner sur l'une de deux textures stables correspondant à des polarisations flexoélectriques différentes. Les deux textures stables seront appelées A ou B par la suite. En fait, le système ne revient pas au hasard. La texture finale choisie dépend de la polarité de l'impulsion appliquée.

Si le système est dans l'état A, une impulsion positive par exemple, de tension  $|V| > V_s(\tau)$  va le faire passer dans l'état B.

L'application d'une autre tension identique de même polarité laisse le système dans l'état B.

L'application d'une impulsion négative  $-V$  ( $|V| > V_s(\tau)$ ) rebascule le système dans l'état A.  $V_s(\tau)$  est une tension seuil, dépendant de  $\tau$ .

La polarité de l'effet s'explique par le couplage entre la polarisation flexoélectrique des états A et B et le champ résiduel dans la cellule quand on a juste coupé l'impulsion.

Si l'on enlève les charges des électrodes, ce champ résiduel est le champ dépolarisant créé par les ions présents dans la cellule, après dopage ou non du nématique.

En pratique, on annule brutalement la tension aux bornes de la cellule. Il reste alors des charges hors d'équilibre non seulement près des électrodes (les ions), mais aussi sur les électrodes. La distribution de champ dans la cellule est plus complexe, mais le signe de tous les champs et de toutes les charges résiduelles est strictement lié au signe de l'impulsion électrique V appliquée.

Le couplage flexoélectrique global du champ résiduel dû aux ions hors d'équilibre près des électrodes et des polarisations flexoélectriques du nématique (et plus généralement des gradients de champ dépolarisant et des moments quadrupolaires électriques du nématique) favorise toujours le retour du système vers celui des états A ou B dont l'énergie en régime transitoire est la plus basse, compte tenu du signe de l'impulsion de commande.

## 2. Objet de la variante

Les perfectionnements apportés par la présente variante concernent la phase transitoire de retour à l'équilibre où, après cassure de l'orientation de surface, le système a le choix de retourner vers l'un des deux états A ou B.

Il peut paraître délicat, en pratique, de dépendre de la concentration des ions dans la cellule pour assurer la commutation vers celui des deux états A ou B désiré.

Pour mieux contrôler ce retour, indépendamment des ions présents dans la cellule, les inventeurs proposent, comme indiqué précédemment, d'appliquer successivement au dispositif : 1) au moins une impulsion de commande apte à induire une orientation généralement homéotrope homogène du cristal liquide, puis 2) une impulsion de contrôle, d'amplitude plus faible que l'impulsion de commande, et de polarité choisie selon l'état final requis.

Un exemple de tels signaux successifs de commande et de contrôle est représenté sur la figure 10 annexée.

On aperçoit sur cette figure 10, une impulsion de commande carré Ca de tension  $V$  ( $|V| > V_s(\tau)$ ) comme décrit précédemment appliquée au temps 1.

L'impulsion de commande Ca se termine au temps 2. Elle dure le temps  $\tau$ .

Selon la présente variante, l'impulsion de commande Ca est maintenant suivie d'une deuxième impulsion Co, dite de contrôle, d'amplitude  $\pm v$  avec  $0,1 \text{ Volt} \leq |v| \leq V_s(\tau)$ .

Typiquement,  $|v|$  est de l'ordre de +5 Volts.

L'impulsion de contrôle Co est maintenue entre les temps 2 et 3, c'est-à-dire pendant un temps  $\tau'$  avec  $10 \mu s < \tau' < \infty$  typiquement  $\tau'$  est compris entre 25  $\mu s$  et 50  $\mu s$ .

L'impulsion de contrôle Co permet de contrôler la polarité du champ dans la cellule entre les instants 2 et 3 où le système va commuter de l'orientation homéotrope homogène obtenue par l'impulsion de commande Ca d'amplitude  $V$  à l'instant 2, vers l'un des états A ou B de polarité définie.

En utilisant une excitation à deux impulsions successives, respectivement de commande Ca et de contrôle Co, comme indiqué sur la figure 10, on constate les effets suivants.

Supposons le système dans l'état A, tel que l'application d'une impulsion de commande Ca positive d'amplitude  $V$  le fasse passer en B, en l'absence d'impulsion de contrôle  $v$ , comme indiqué précédemment.

L'application d'une impulsion de contrôle Co d'amplitude  $v > 0$  avec  $v > V_s(\tau')$  ( $V_s(50 \mu s) = 3 \text{ Volts}$ ) inhibe le basculement de A vers B. Le système reste dans A.

Inversement, l'application d'une impulsion de contrôle Co négative  $-v$  (quelle que soit son amplitude), favorise toujours le basculement de A vers B.

De façon symétrique, pour une impulsion de contrôle  $Co$  nulle  $v = 0$ , il faut appliquer une tension de commande  $V < 0$  pour commuter de B vers A. Une tension de contrôle  $Co$  positive  $v < 0$  favorise toujours le basculement de B vers A, quelle que soit son amplitude. Par contre, une  
 5 tension de contrôle  $Co$  négative  $-v < 0$  ( $|v| > v_s(\tau')$  comme précédemment) empêche le basculement de B vers A.

Finalement, l'état obtenu après retour à l'équilibre ne dépend que de la polarité de l'impulsion de contrôle  $Co$  si l'amplitude  $v$  de cette impulsion de contrôle  $Co$  est choisie au-dessus du seuil  $|v_s| \sim 3$  Volts, et ne  
 10 dépend pas de la polarité de l'impulsion de commande  $Ca$ .

Les moyens proposés par la présente invention permettent donc de séparer les fonctions : l'impulsion de commande  $Ca$  d'amplitude  $V$  casse l'orientation de surface, et l'impulsion de contrôle  $Co$ , d'amplitude  $v$  ( $|v| > v_s(\tau')$ ) contrôle par son signe la polarité de l'état final A ou B. Le  
 15 seuil  $v_s(\tau')$  de l'impulsion de contrôle  $Co$  correspond à la compensation par cette impulsion  $v$  de la polarité contrôlée par les ions. Ce seuil  $v_s$  baisse en prenant un cristal liquide moins conducteur.  $v > v_s(\tau')$  veut dire que l'impulsion de contrôle a un effet supérieur à l'effet du champ dépolarisant des ions. La table de commutation obtenue est donnée sur la figure 12 où  
 20 les états utiles ( $|v| > v_s(\tau')$ ) sont indiqués en gras, et où on a supposé  $|v| > v_s(\tau)$ .

On constate sur le tableau de la figure 12 que si l'on choisit une impulsion de contrôle  $Co$  d'amplitude supérieure au seuil (soit  $|v| > v_s(\tau')$ ), ce qui correspond aux états en caractères gras, l'état final ne  
 25 dépend que du signe de l'impulsion de contrôle  $Co$ .

Les états "maigres" illustrés sur le tableau de la figure 12 correspondent au fonctionnement décrit précédemment en regard des figures 1 à 9.

#### APPLICATION AU MULTIPLEXAGE D'UN AFFICHEUR NEMATIQUE

##### 30 BISTABLE

Les moyens précités permettent un contrôle simple de l'afficheur, par multiplexage.

Supposons comme représenté schématiquement sur la figure 13, un afficheur matriciel comprenant N électrodes de ligne référencées 18-1 à 18-N sur une première plaque et M électrodes de colonne référencées 19-1 à 19-M sur la seconde plaque.

5 Chaque pixel défini par l'intersection d'une électrode de ligne et d'une électrode de colonne est identifié par ses coordonnées  $i, j$ .

Le procédé de multiplexage conforme à la présente invention est le suivant.

On ouvre successivement chaque ligne 18-1 à 18-N, par exemple la ligne  $i$ , en l'excitant par une tension de commande  $C_a$  d'amplitude  $V(|V| > V_s(\tau))$  de polarité arbitraire. L'impulsion de commande  $C_a$  est appliquée sur la ligne  $i$ , selon l'illustration schématique de la figure 13, les autres lignes ne reçoivent pas de signal ( $V = 0$ ). A la fin de l'excitation par l'impulsion de commande  $V$ , toute la ligne  $i$  est effacée, les  
15 molécules du cristal liquide prennent une orientation homéotrope.

On envoie ensuite en parallèle des impulsions de contrôle  $C_o$  d'amplitude  $\pm |v|$  ( $v > v_s(\tau')$ ) sur toutes les colonnes  $M$  simultanément, suivant l'état désiré des différents pixels  $i, j$  ( $1 \leq j \leq M$ ) de la ligne  $i$ . Les impulsions de contrôle  $C_o$  d'amplitude  $\pm v$  sont appliquées juste à la fin de  
20 l'impulsion de commande  $C_a$  d'amplitude  $V$ . Les pixels  $i, j$  ( $1 \leq j \leq M$ ) de cette ligne sont alors placés dans les états A ou B, suivant le signe de la petite impulsion de contrôle  $v$ . Les autres lignes, non ouvertes ( $V = 0$ ) sont insensibles à l'impulsion de contrôle  $C_o$  et conservent leurs états A ou B. Pour plus de commodité, on pourra commencer l'application de l'impulsion  
25 de contrôle  $C_o$  avant la fin de l'impulsion de commande  $C_a$ . L'important est que l'impulsion de contrôle  $C_o$  persiste 10 à 50  $\mu s$  après la fin de l'impulsion de commande  $C_a$ .

Après la ligne  $i$ , on ouvrira successivement les lignes  $i + 1, i + 2$ , etc, qui seront effacées et réinscrites, pour tracer la nouvelle image.  
30 Chaque ligne est donc successivement effacée, par une impulsion de commande  $C_a$  d'amplitude  $V$  pendant le temps  $\tau$ , et réinscrite par une impulsion de contrôle  $C_o$  d'amplitude  $v$  pendant le temps  $\tau'$  qui succède à  $\tau$ . Le temps total pour effacer et inscrire une ligne est donc, selon le procédé précité :  $\tau + \tau'$ , ajustable en variant l'impulsion de commande  $C_a$  et l'impulsion de contrôle  $C_o$ . Le temps total pour effacer et inscrire une image complète est alors  $N(\tau + \tau')$ .

Cependant, on peut avantageusement ouvrir la ligne  $i + 1$  avec une impulsion de commande  $Ca$ , pendant le temps  $\tau'$  d'inscription de la ligne précédente  $i$  avec des impulsions de contrôle  $Co$ . Le temps total d'inscription d'une image complète est alors seulement  $N \times \tau$  au lieu de  $N(\tau + \tau')$ .

Pour éviter des effets électrochimiques, on peut alterner le signe de l'impulsion de commande  $V$  d'une image à l'autre, ou même, remplacer l'impulsion de commande  $Ca$  d'amplitude  $V$  continue par une impulsion de commande  $Ca$  d'amplitude  $V$  haute fréquence. Une telle impulsion de commande haute fréquence est représentée schématiquement sous forme de deux impulsions successives  $Ca_1$ ,  $Ca_2$  de polarités opposées, sur la figure 11. Dans le cas d'une excitation haute fréquence, le seuil  $v_s$  de l'impulsion de contrôle  $Co$  est nul puisqu'il n'y a plus de mémoire polaire des ions. L'amplitude  $v$  de l'impulsion de contrôle  $Co$  pourra être diminuée. La polarité absolue des états A et B dépend du signe de la constante flexoélectrique du nématique et des angles d'obliquité d'orientation sur chaque électrode. Elle n'a aucune importance dans le fonctionnement de l'afficheur, puisqu'il suffit de changer le signe de l'impulsion de contrôle  $Co$  pour favoriser un état ou l'autre.

En conclusion, le système d'afficheur nématique bistable, à bistabilité de surface contrôlé flexoélectriquement, peut être multiplexé très simplement grâce aux moyens proposés par la présente variante.

Pour cela, on excite séquentiellement chaque électrode de ligne par une impulsion de commande continue  $Ca$  d'amplitude  $V$  comprise entre 1 et 100 Volts, typiquement 10 et 20 Volts de durée supérieure à 1  $\mu s$ , typiquement comprise entre 20 et 50  $\mu s$ , de signe arbitraire, ou même haute fréquence, qui casse l'orientation de surface et efface la ligne.

On applique juste après l'impulsion de commande  $Ca$ , une impulsion de contrôle  $Co$  d'une amplitude  $v$  comprise entre 0,1 et 10 Volts, typiquement de l'ordre de 5 Volts de durée supérieure à 10  $\mu s$ , typiquement comprise entre 25 et 50  $\mu s$ , en parallèle sur toutes les colonnes. Si l'amplitude  $v$  de l'impulsion de contrôle  $Co$  est supérieure au seuil requis (soit  $|v| > v_s(\tau')$  de l'ordre de 3 Volts), l'état final des pixels ne dépend que de la polarité de l'impulsion de contrôle  $Co$ .

Le seuil d'amplitude  $v_s$  de l'impulsion de contrôle  $Co$  est nul pour une excitation de commande haute fréquence. En pratique, on peut alors prendre une impulsion de contrôle  $Co$  ayant une amplitude de l'ordre de 0,1 Volt.

5 L'excitation séquentielle des lignes est poursuivie pour balayer toute l'image.

Ce procédé de multiplexage conforme à la présente invention est beaucoup plus simple que ceux proposés précédemment pour le multiplexage des smectiques ferroélectriques smectiques  $C^*$ . Pour ces  
10 derniers, en effet, on utilise généralement, outre une impulsion d'effacement, une double impulsion d'écriture, toutes ces impulsions (4 par exemple), étant à forte tension. Le procédé conforme à la présente invention, n'utilise qu'une "forte" tension  $V$  de commande, et une faible tension  $\pm v$  de contrôle.

15 On notera que le dispositif conforme à la présente invention, ne pose aucun problème de stabilité électrochimique dans la mesure où les dopants cholestériques éventuellement utilisés sont électrochimiquement stables.

Bien entendu la présente invention n'est pas limitée aux  
20 modes de réalisation particuliers qui viennent d'être décrits mais s'étend à toutes variantes conformes à son esprit.

25

30



## R E V E N D I C A T I O N S

1. Dispositif optique à cristaux liquides à effet bistable du type comprenant deux plaques transparentes (12, 14) pourvues d'électrodes de commande (18, 19) et entre lesquelles est placé un matériau cristal  
5 liquide nématique (20), caractérisé par le fait que :
- les plaques transparentes (12, 14) présentent un traitement de surface apte à définir deux configurations stables de molécules de matériau cristal liquide générant respectivement deux polarisations flexoélectriques ayant  
10 des composantes normales aux électrodes  $P_z1$   $P_z2$  de sens opposés, et
  - il est prévu des moyens d'alimentation électrique (30) aptes à appliquer au dispositif des impulsions de champ électrique perpendiculaire aux plaques (12, 14), orientées sélectivement dans un sens ou dans l'autre.
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait  
15 que le cristal liquide nématique (20) présente une anisotropie diélectrique positive.
3. Dispositif selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que le cristal liquide nématique (20) présente une anisotropie diélectrique positive de l'ordre de 10.
- 20 4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que les deux configurations stables de molécules du matériau cristal liquide correspondent à des textures de cristal liquide d'azimut constant pour une configuration donnée, décalées en azimut d'une configuration à l'autre.
- 25 5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé par le fait que les deux configurations stables de molécules du matériau cristal liquide correspondent à des textures d'azimut constant pour une configuration donnée, décalées de  $45^\circ$  entre elles.
- 30 6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que les deux configurations stables de molécules du matériau cristal liquide présentent des orientations zénithales différentes.

7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait que les deux configurations stables de molécules du matériau cristal liquide correspondent l'une à une orientation planaire sur une première plaque (12) et oblique sur une seconde plaque (14), l'autre à une orientation oblique sur la première plaque (12) et planaire sur la seconde plaque (14).

8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé par le fait que la cellule à cristal liquide comprenant les deux plaques transparentes (12, 14) est placée entre un polariseur et un analyseur croisés.

9. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé par le fait que le matériau cristal liquide (20) est dopé par des ions non chiraux.

10. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé par le fait que la concentration relative molaire en ions est de l'ordre de  $10^{-3}$  à  $10^{-5}$ .

11. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé par le fait que les deux configurations stables sont obtenues par différents frottements inclinés entre eux réalisés sur la surface interne des plaques (12, 14), par exemple deux frottements à  $45^\circ$  d'un polymère déposé sur les plaques (12, 14).

12. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé par le fait que les deux configurations stables sont obtenues par contrôle de l'épaisseur et de la longueur d'onde moyenne de la rugosité sur la surface interne des plaques (12, 14).

13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé par le fait que les configurations sont obtenues par évaporation contrôlée sur les plaques (12, 14).

14. Dispositif selon l'une des revendications 12 ou 13, caractérisé par le fait que les configurations sont contrôlées par évaporation de  $\text{SiO}_2$  sous un angle de l'ordre de  $74^\circ$  avec une épaisseur moyenne de l'ordre de  $30\text{\AA}$ .

15. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 14, caractérisé par le fait que les directions d'évaporation sur les deux plaques (12, 14) sont inclinées relativement de l'ordre de  $45^\circ$  en azimut.

16. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisé par le fait que le matériau cristal liquide est dopé par un cholestérique.

17. Dispositif selon les revendications 15 et 16 prises en combinaison, caractérisé par le fait que le cholestérique définit une rotation spontanée du matériau cristal liquide nématique dans un sens inverse du décalage formé entre les deux directions d'évaporation sur les deux plaques respectives et d'amplitude de l'ordre de la moitié du décalage azimutal entre les deux directions d'évaporation.

18. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 17, caractérisé par le fait que l'épaisseur de la cellule est de l'ordre de  $1,3\mu$ .

19. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 18, caractérisé par le fait que les moyens d'alimentation électriques (30) sont conçus pour appliquer des impulsions de commande d'une durée comprise entre 1 et  $1000\mu s$ .

20. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 19, caractérisé par le fait que les moyens d'alimentation électrique (30) sont conçus pour appliquer des impulsions de commande d'une amplitude comprise entre 1 et 100volt.

21. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 18, caractérisé par le fait que les moyens d'alimentation électrique sont conçus pour appliquer successivement au dispositif :

- au moins une impulsion de commande (Ca) apte à induire une orientation généralement homéotrope homogène du cristal liquide, puis
- une impulsion de contrôle (Co), d'amplitude plus faible que l'impulsion de commande, et de polarité choisie selon l'état final requis.

22. Dispositif selon la revendication 21, dans lequel les électrodes de commande sont agencées en N lignes (18-1 à 18-N) et M colonnes (19-1 à 19-M) définissant une matrice de NM pixels à leurs intersections, caractérisé par le fait que les impulsions de commande (Ca) sont appliquées successivement sur les N électrodes de ligne, tandis qu'à la fin de chaque impulsion de commande, des impulsions de contrôle (Co) de polarité respectivement choisie sont appliquées simultanément sur l'ensemble des M électrodes de colonne.

23. Dispositif optique selon la revendication 21 ou 22, caractérisé par le fait que l'impulsion de commande (Ca) est une impulsion carré unique.

24. Dispositif optique selon la revendication 21 ou 22, caractérisé par le fait que l'impulsion de commande (Ca) comprend des impulsions carré successives de polarités opposées (Ca1, Ca2).

25. Dispositif optique selon la revendication 21 ou 22, caractérisé par le fait que l'impulsion de commande (Ca) comprend une série d'impulsions haute fréquence.

26. Dispositif optique selon l'une des revendications 21 à 25, caractérisé par le fait que l'amplitude des impulsions de commande (Ca) est comprise entre 1 et 100 Volts, typiquement entre 10 et 20 Volts.

27. Dispositif optique selon l'une des revendications 21 à 26, caractérisé par le fait que la durée des impulsions de commande (Ca) est supérieure à 1  $\mu$ s, typiquement comprise entre 20 et 50  $\mu$ s.

28. Dispositif optique selon l'une des revendications 21 à 27, caractérisé par le fait que l'amplitude des impulsions de contrôle (Co) est comprise entre 0,1 et 10 Volts, typiquement entre 0,1 et 5 Volts.

29. Dispositif optique selon l'une des revendications 21 à 28, caractérisé par le fait que la durée des impulsions de contrôle (Co) est supérieure à 10  $\mu$ s, typiquement comprise entre 25 et 50  $\mu$ s.

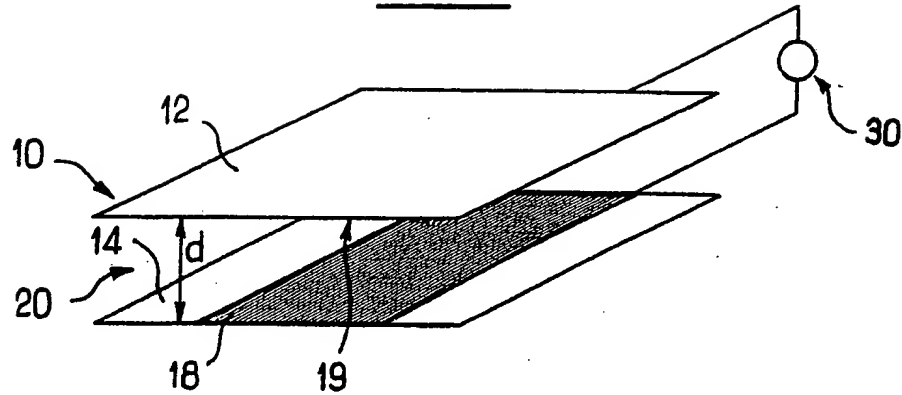
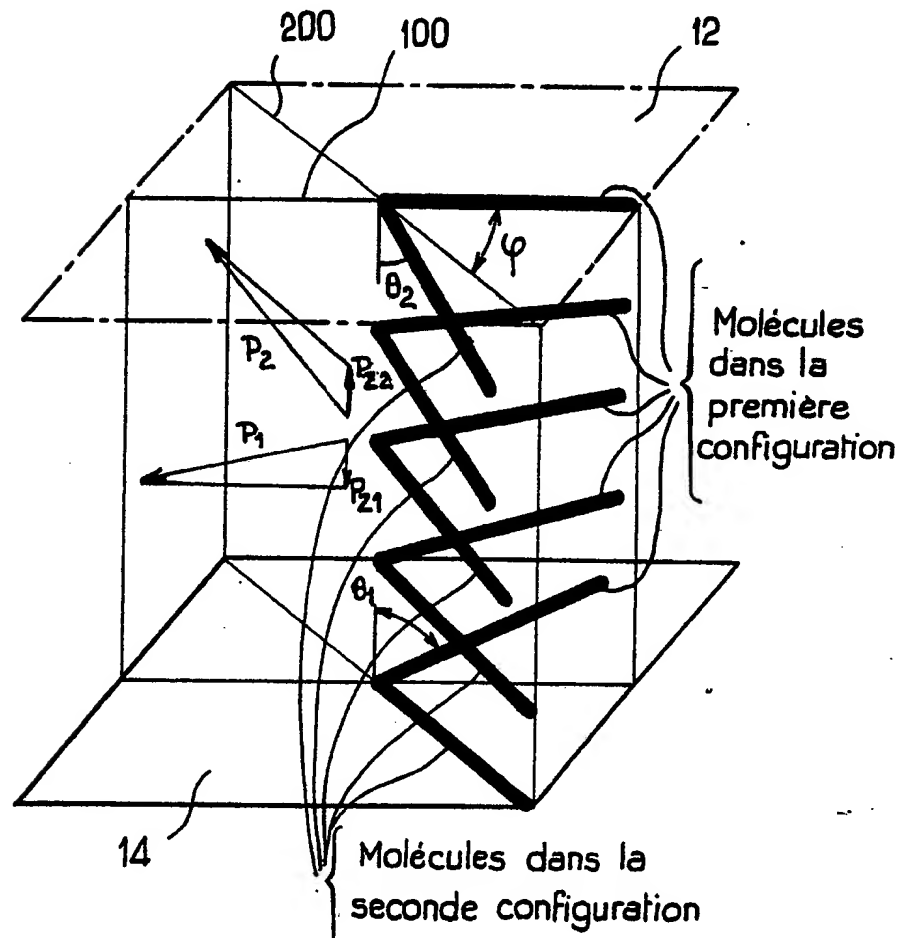
30. Dispositif optique selon l'une des revendications 21 à 29, caractérisé par le fait que le début des impulsions de contrôle (Co) coïncide avec la fin des impulsions de commande (Ca).

31. Dispositif optique selon l'une des revendications 21 à 29, caractérisé par le fait que le début des impulsions de contrôle (Co) précède la fin des impulsions de commande (Ca).

32. Dispositif optique selon la revendication 30 ou 31, caractérisé par le fait que les impulsions de commande (Co) persistent après la fin des impulsions de commande (Ca) pendant au moins 10  $\mu$ s à 50  $\mu$ s.

33. Dispositif optique selon l'une des revendications 21 à 32 prises en combinaison avec la revendication 22, caractérisé par le fait que le début de l'impulsion de commande (Ca) sur l'électrode de ligne i + 1 coïncide sensiblement avec la fin de l'impulsion de commande (Ca) sur l'électrode de ligne i.

1 / 7

FIG.1FIG.2

2 / 7

FIG. 3

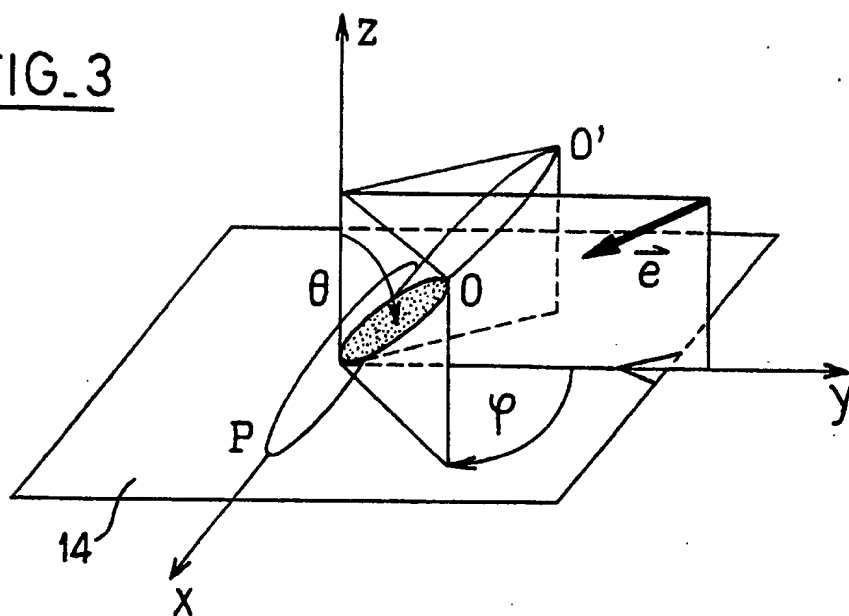
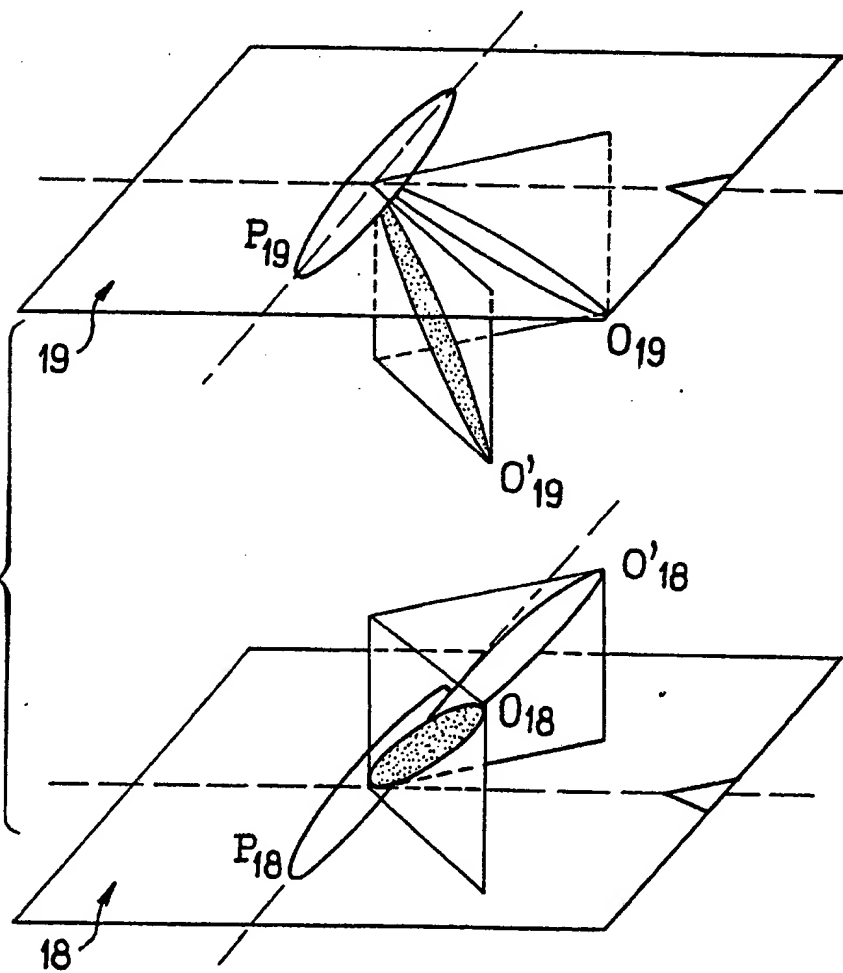


FIG. 4



3 / 7

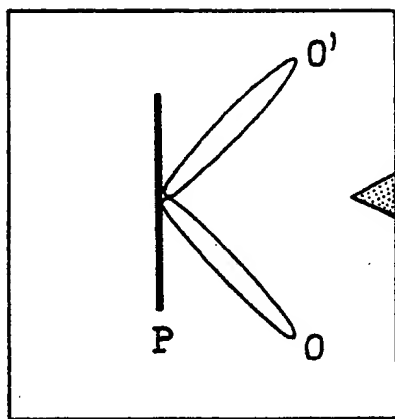


FIG. 5A

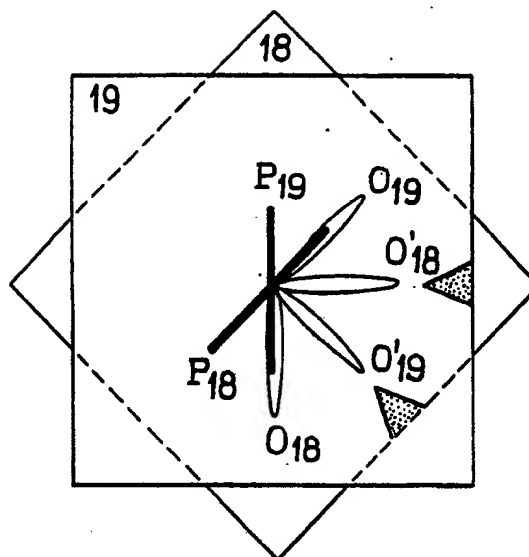


FIG. 5B

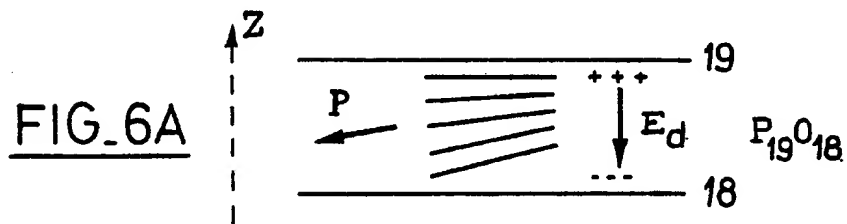


FIG. 6A

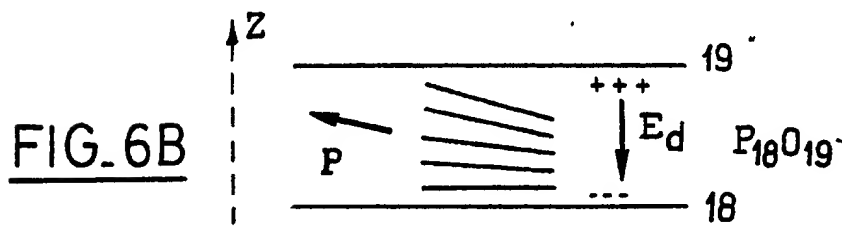
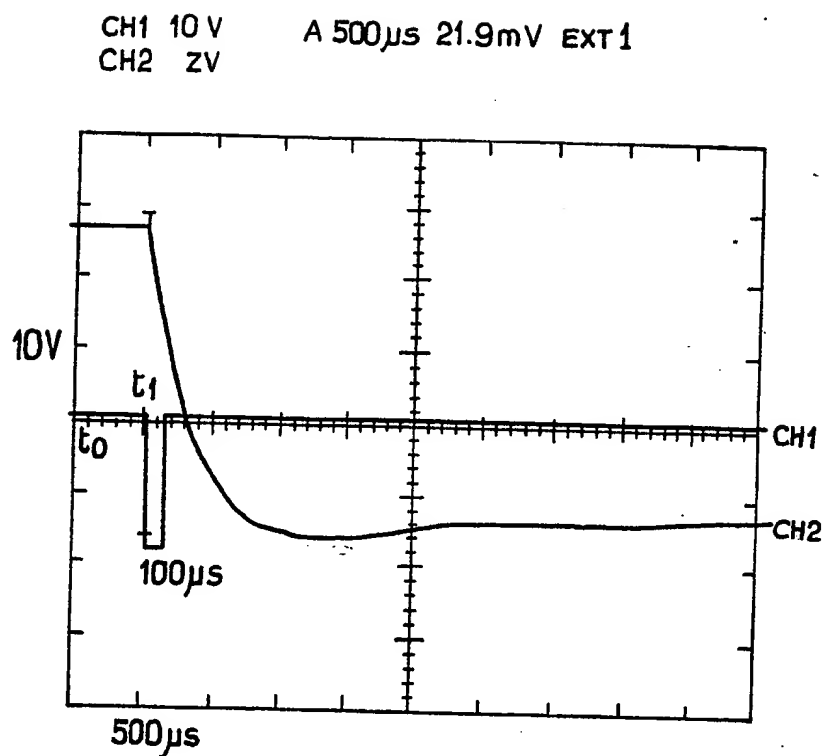
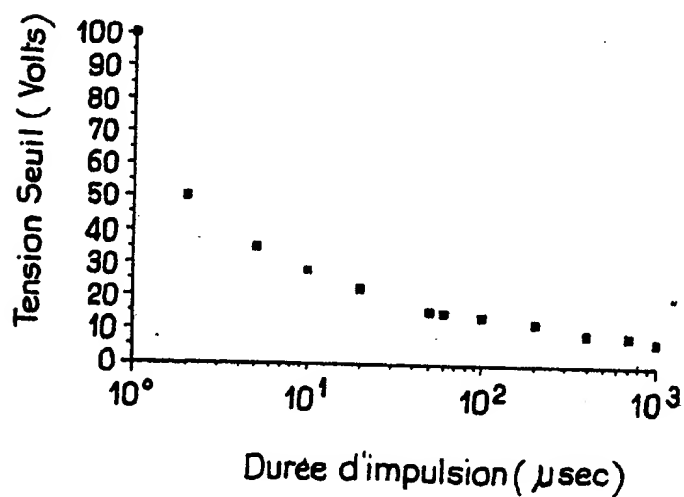


FIG. 6B

4 / 7

FIG. 7

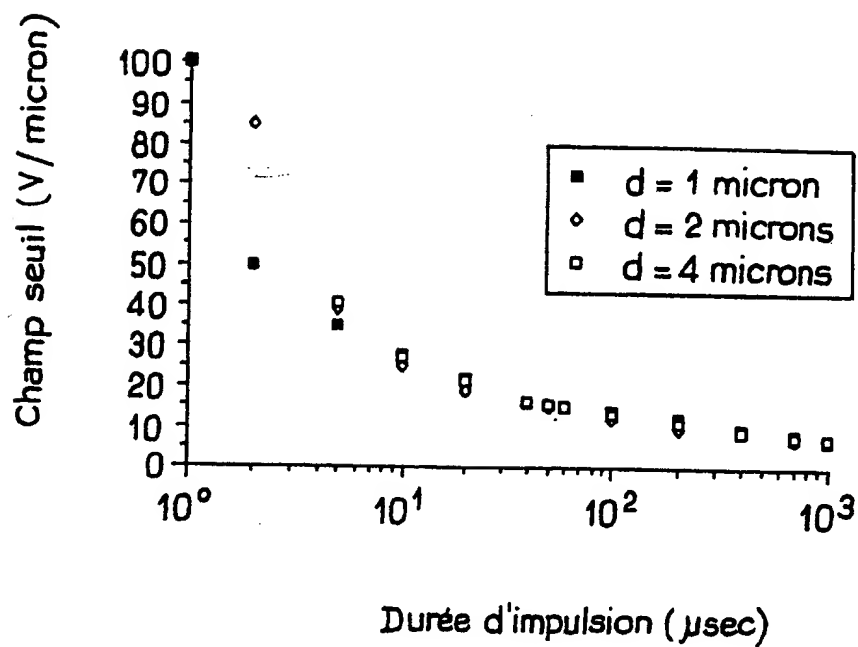
Tension seuil en fonction de la durée d'impulsion  
épaisseur :  $d = 1 \mu$ m

FIG. 8FEUILLE DE REMPLACEMENT

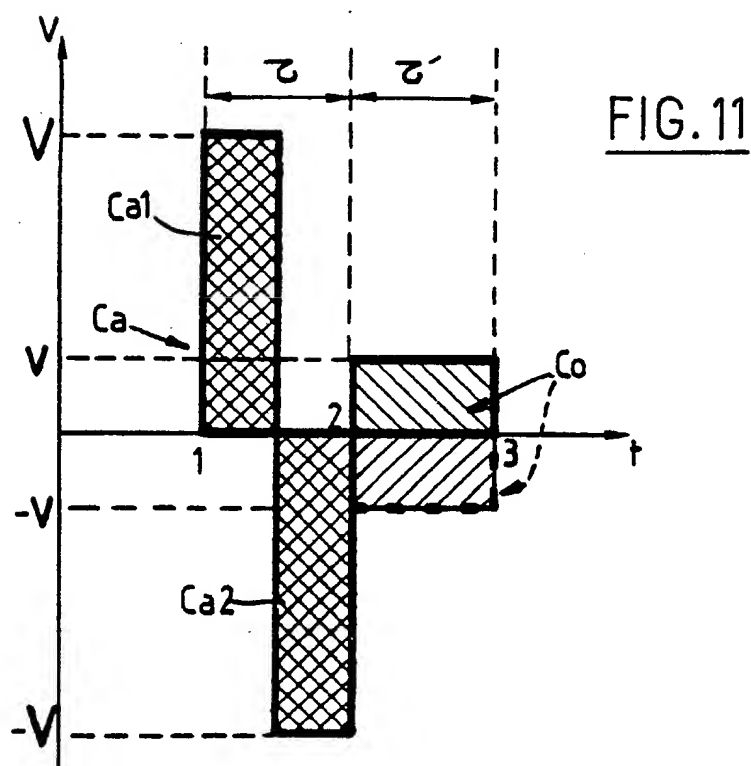
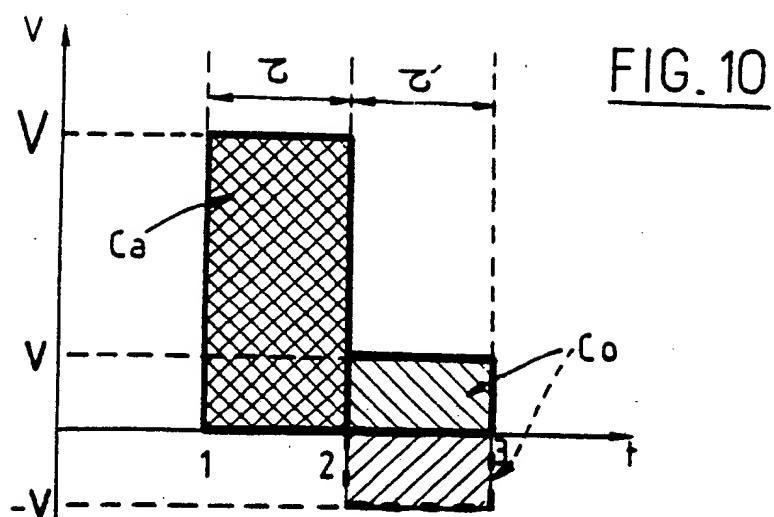


5 / 7

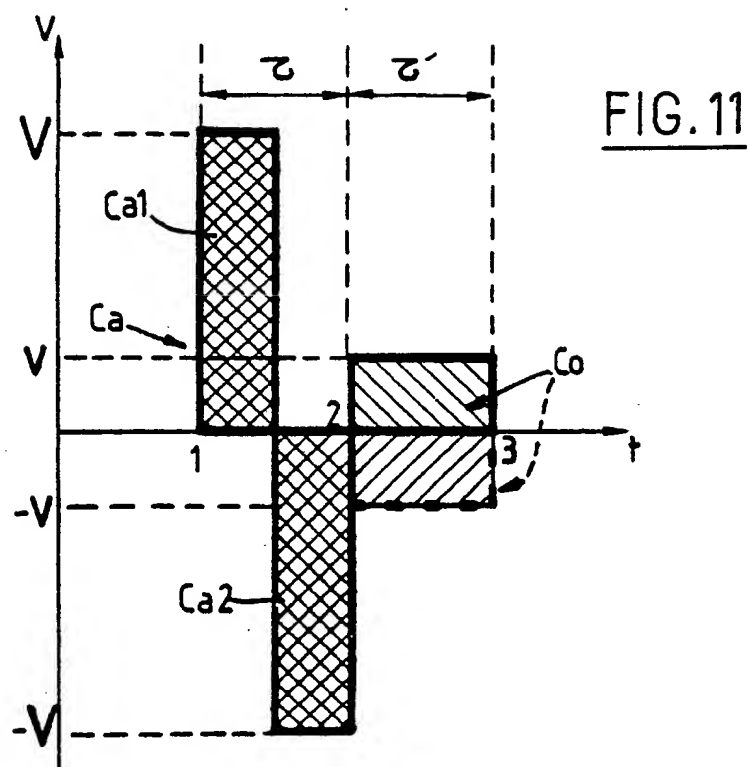
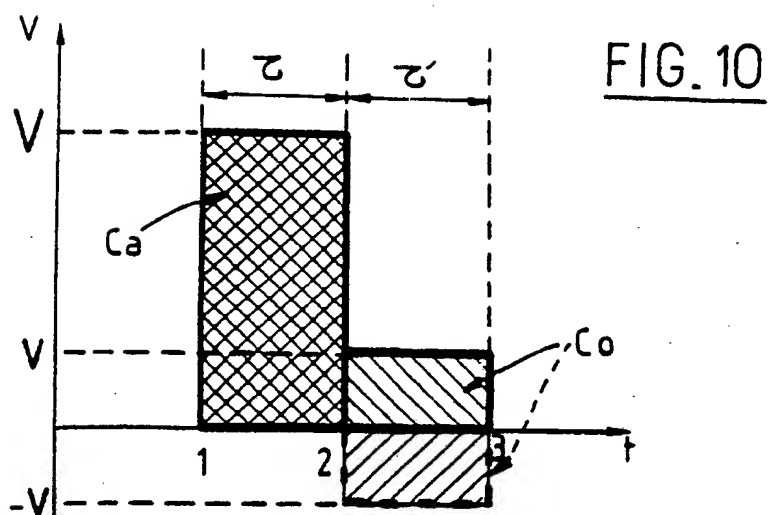
Champ seuil en fonction de la durée d'impulsion

FIG. 9

6 / 7



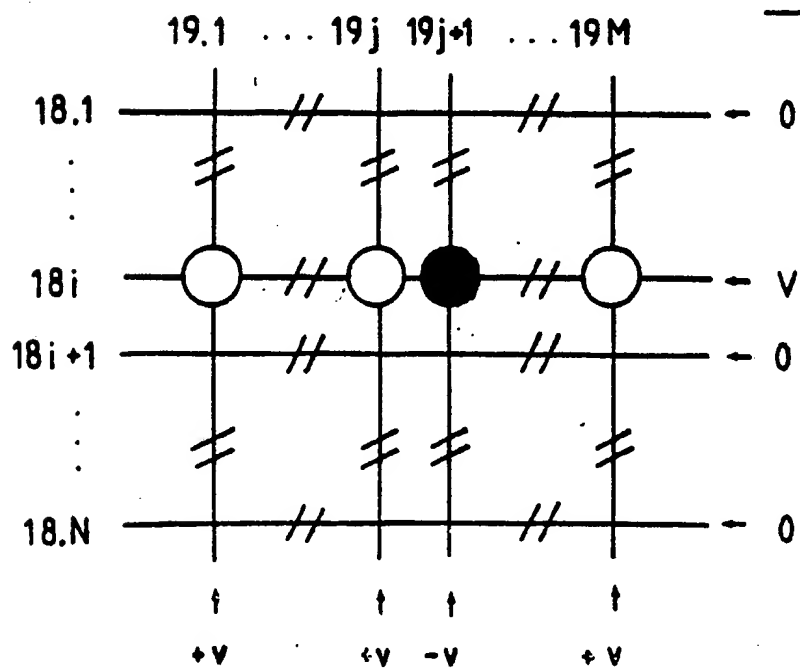
6 / 7



7/7

FIG. 12

état initial	état final	
	$v > 0$	$v < 0$
A	→ B ( $ v  < v_s(\tau')$ et $v > 0$ )	→ B
	→ A ( $ v  > v_s(\tau')$ )	
B	→ A	→ A ( $ v  < v_s(\tau')$ et $v < 0$ )
		→ B ( $ v  > v_s(\tau')$ )

FIG. 13

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**